

Obtención de hidrógeno verde a partir de codigestión de estiércol bovino con la biomasa residual del cultivo de hongos comestibles

Benedetti, Patricia; Airasca, Ariel; Uribe Echevarría, Milena; Bidegain, Maximiliano; Monserrat, Victoria; Campaña, H
GEAQB - Universidad Tecnológica Nacional – F.R.B.B. pbenedet@frbb.utn.edu.ar

Resumen

En el marco de los Objetivos de Desarrollo Sostenible declarados por la Organización de las Naciones Unidas se ha vuelto imperativo: encontrar fuentes de energía alternativas, resolver demandas energéticas debido a riesgos ambientales y tratar residuos para su reutilización. Dentro de las alternativas de fuentes de energía renovables, la energía procedente de residuos orgánicos (biomasa) tiene un enorme potencial, recuperando valor energético y valor agronómico, para resolver las limitaciones ambientales. La digestión anaeróbica se constituye en una alternativa factible para el saneamiento ambiental y la producción de energía renovable. Desde el punto de vista del proceso la digestión anaeróbica puede ser de una etapa o de dos etapas, siendo esta última más eficiente ya que permite generar energía tanto en forma de biohidrógeno como de biometano.

En este trabajo se evaluó la generación de biohidrógeno mediante fermentación oscura (termofílica) a partir de codigestión de estiércol bovino (E) con la biomasa residual del cultivo de hongos comestibles (H). Se realizó la comparación de distintas relaciones del sustrato, para obtener una alta biodegradabilidad en la etapa inicial del proceso de codigestión anaeróbica. El volumen del biogás obtenido se utilizó como indicador para maximizar la producción de este, siendo la mejor relación aquella que tiene mayor cantidad de materia seca (MS) en una relación 2 (E) a 1 (H) el reactor produjo 0,45 mL Biogás/g MS.

Palabras clave: Biohidrógeno, Residuos Agroindustriales, Fermentación Oscura

INTRODUCCIÓN

Debido a los efectos del calentamiento global, en los últimos años, ha adquirido importancia el reemplazo de la energía proveniente de combustibles fósiles por fuentes renovables como la obtención de biogás por medio de digestión anaeróbica a partir de residuos agroindustriales, este proceso permite obtener subproductos de valor agregado, como el biol.

Esta tecnología es sustentable y resuelve tanto el pasivo económico como ambiental asociado a la generación y gestión de residuos agroindustriales. Es un proceso que está compuesto por etapas consecutivas, cuyos productos gaseosos finales son metano y dióxido de carbono. La producción microbiológica de hidrógeno es característica de la primera etapa de la digestión anaeróbica (acidogénica - acetogénica), mediante la vía de fermentación oscura llevada a cabo por bacterias anaerobias facultativas y/o estrictas. El biohidrógeno ha despertado un interés creciente debido a que su utilización no genera gases de efecto invernadero y puede obtenerse a partir de biomasa [1]. En este trabajo se realizó la codigestión de estiércol de vaca con residuos de cultivo de hongos comestibles. En las últimas décadas, la producción de hongos comestibles y medicinales del género *Pleurotus*

ha crecido en la región. En nuestro país la actividad se desarrolla principalmente a través de pequeños emprendimientos y cooperativas, que aprovechan residuos agroindustriales como sustrato de cultivo, alineándose con los principios de economía circular. No obstante, por cada kilogramo de hongo producido, se generan aproximadamente cinco kilogramos de sustrato residual (SRH), compuesto por micelio fúngico y biomasa lignocelulósica desintegrada.

La codigestión anaeróbica permite aprovechar la complementariedad de la composición de los residuos. Si la mezcla de sustratos contiene estiércol de ganado y residuos de origen alimentario, los primeros tienen una baja concentración de materia orgánica, pero poseen una concentración elevada de micro y macronutrientes, necesarios para el desarrollo del proceso microbiológico, así como capacidad tampón (alcalinidad) fundamental para evitar procesos de acidificación que inhiben el proceso anaeróbico

OBJETIVOS

Estudiar distintas relaciones de sustrato de estiércol vacuno y biomasa residual de cultivo de hongos comestibles, para la producción de biohidrógeno y su optimización.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se emplearon dos sustratos: estiércol bovino (E) y biomasa residual de cultivo de hongos (H) comestibles, en la tabla 1 se observa la caracterización inicial de los mismos. Se hicieron 5 ensayos cambiando la relación de los sustratos, la elección de las relaciones se hizo en base a experiencias anteriores con otros sustratos. [2].

El pH inicial fue ajustado con solución de hidróxido de sodio o HCl en los casos que fue necesario. Los ensayos se realizaron en reactores “batch” de 2000 mL, modificados para permitir la adición o remoción de sustrato, mediante válvulas que facilitan la operación y muestreo del proceso. El biogás generado por cada reactor fue almacenado en una probeta de vidrio graduada, midiendo el volumen obtenido por desplazamiento del líquido.

Los reactores permanecieron en un baño termostático en condiciones termofílicas (55 °C) y se mantuvieron recubiertos para evitar la incidencia de la luz (fermentación oscura), con agitación manual discontinua. El tiempo de digestión fue entre 72 y 96 horas. Para cada ensayo se determinó pH, conductividad eléctrica, materia seca (MS), materia orgánica (MO), sólidos volátiles (SV), según métodos estándar [3].

Tabla 1 Caracterización (E) y (H)

	pH	CE (mS/cm)	MS (%)	Humedad (%)	MO (%)	Corg (%)
E	8,96	0,67	74,21	25,79	51,64	29,96
H	10,00/7,00	1,67	60,87	39,13	75,25	43,64



Figura 1 Reactores, fermentación oscura

Ensayos I y II

Los primeros dos ensayos se realizaron manteniendo constante la biomasa H y variando la biomasa E. Se evaluaron tres tratamientos, A, B y C, con las siguientes relaciones (E):(H) 1:2, 1:3 y 1:5, respectivamente.

Ensayos III, IV y V

En los siguientes tres ensayos se utilizaron distintas concentraciones de materia seca (MS), empleando proporciones de 7%, 14% y 21%, respectivamente. Se emplearon tres reactores con diferentes relaciones (E):(H): 1:1, 1:2 y 2:1. Los reactores se denominaron A, B y C, respectivamente.

RESULTADOS

Los dos primeros ensayos se hicieron con la finalidad de saber si este sustrato se podía usar para la producción de biohidrógeno y biometano tal como lo indica la bibliografía consultada.

En los tres primeros días produjo biohidrógeno, aproximadamente 450 mL en cada uno, se dejaron los reactores por 60 días más, obteniéndose 1300 y 1900 mL de biogás en los reactores A y C respectivamente y a los 90 días se obtuvo 3100 y 2680 mL en A y C, en el B no hubo producción. Por medio de una prueba de encendido, y comparación de la llama obtenida, en base a experiencia previa [2], se comprobó la presencia de biohidrógeno y biometano (3 días y 90 días correspondientemente).

A partir de esta comprobación se realizaron los ensayos III, IV y V obteniéndose los volúmenes de biogás y variaciones de pH que se muestran en la tabla 2 y tabla 3. Sin embargo, en esta tanda de experiencias no se pudo corroborar la presencia de hidrógeno mediante la prueba de la llama.

Tabla 2 Volumen total obtenido en cada reactor

Reactor	Vol (mL) Ensayo III	Vol (mL) Ensayo IV	Vol (mL) Ensayo V
A	560	500	840
B	400	840	770
C	340	310	720

Tabla 3 pH en cada reactor

Reactor	pH Ensayo III		pH Ensayo IV		pH Ensayo V	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
A	9,03	6,82	8,05	6,57	7,08	5,90
B	8,90	6,79	8,07	6,62	7,05	5,79
C	9,15	6,66	8,04	6,56	7,07	6,11

Después de cada ensayo se midió la Materia Seca, de cada reactor, “corrigiendo” el valor tomado como inicial.

Tabla 4 Materia seca medida en cada reactor

Reactor	7 % MS III	14 % MS IV	21 % MS V
A	5,82	9,71	18,1
B	3,59	12,92	18,92
C	5,85	9,24	12,37

Tabla 5 Volumen total en mL Biogás/gMS

Reactor	mL Biogás/g MS	mL Biogás/g MS	mL Biogás/g MS
A	0,95	0,57	0,31
B	1,55	0,43	0,29
C	0,95	0,60	0,45

La Figura 2 muestra la evolución del volumen y del pH durante el ensayo V. Se observa un incremento constante del volumen de biogás a lo largo del tiempo, acompañado por una disminución del pH.

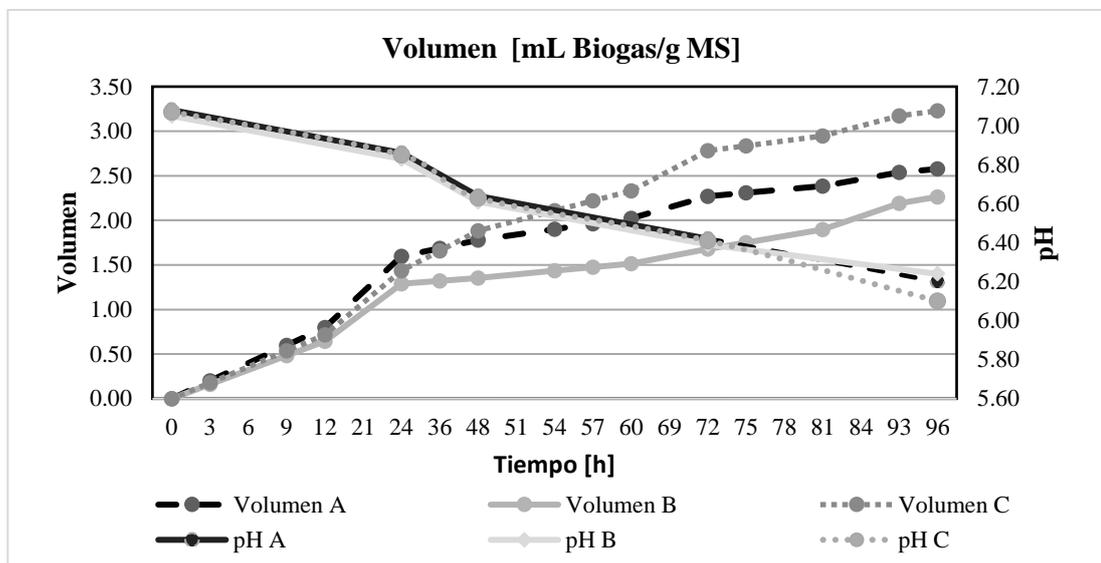


Figura 2: Evolución del volumen obtenido y el pH en los reactores del ensayo V

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A diferencia de los ensayos I y II, en los ensayos III, IV y V no se pudo verificar la presencia de hidrógeno mediante la prueba de la llama, aunque se observó la producción de biogás. Esto puede deberse a las grandes variaciones de calidad en el sustrato empleado, incluso en muestras de una misma tanda. En el caso del sustrato de hongo residual se observaron grandes variaciones de pH, (tabla 1) que podría deberse a concentraciones variables de CaO empleada en la formulación del sustrato. Además, el estiércol utilizado presentaba variaciones de humedad.

Las grandes diferencias en la calidad del sustrato, especialmente en los valores de pH y el contenido de humedad del estiércol, indican la necesidad de considerar estas variaciones en futuros ensayos.

Aun así, se demostró que los reactores produjeron biogás, observándose una fuerte relación con la cantidad inicial de materia seca (MS); los reactores del ensayo V fueron los que más biogás generaron, y dentro de este ensayo el que más produjo es el que tiene más estiércol llegando a 0,32, 0,29 y 0,45 mL Biogás/g MS en los reactores A, B y C, valores que están de acuerdo con trabajos anteriores [3]. En todos los ensayos los valores de pH mostraron una evolución

propia de los residuos utilizados como sustratos [4], los ensayos comenzaron con valores alcalinos 9,00 – 7,50 con leves disminuciones intermedias y valores finales que varían entre 5,79 y 6,11, en el caso del ensayo V hacia el inicio de la fase metanogénica.

Cabe aclarar que estos ensayos son preliminares en nuestro estudio. Se prevé evaluar en los próximos ensayos el impacto de utilizar estiércol de vacuno “fresco” y la homogeneización de la “pila” de sustrato proveniente del cultivo de hongos. También se evaluará el cambio de temperatura del baño y pH inicial.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Rawat, S., Rautela, A., Yadav, I. et al. A Comprehensive Review on Enhanced Biohydrogen Production: Pretreatment, Applied Strategies, Techno-Economic Assessment, and Future Perspective. *Bioenerg. Res.* 16, 2131–2154 (2023).
- [2] Dietrich N, Airasca A, Campaña H. Hidrógeno verde a partir de residuos Agroindustriales. V Congreso de Energías Sustentables de Bahía Blanca ISBN 978-987-8992-15-0 (2023).
- [3] APHA, AWWA and WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association, American Water Works Association and Water Pollution Control Federation, Washington DC, 2005.
- [4] De Gioannis G., Friargiu M., Massi E., Muntoni A., Polettini A., Pomi R., Spiga D. (2014) “Biohydrogen production from dark fermentation of cheese whey: Influence of pH” *International Journal of Hydrogen Energy.* I-I2.